

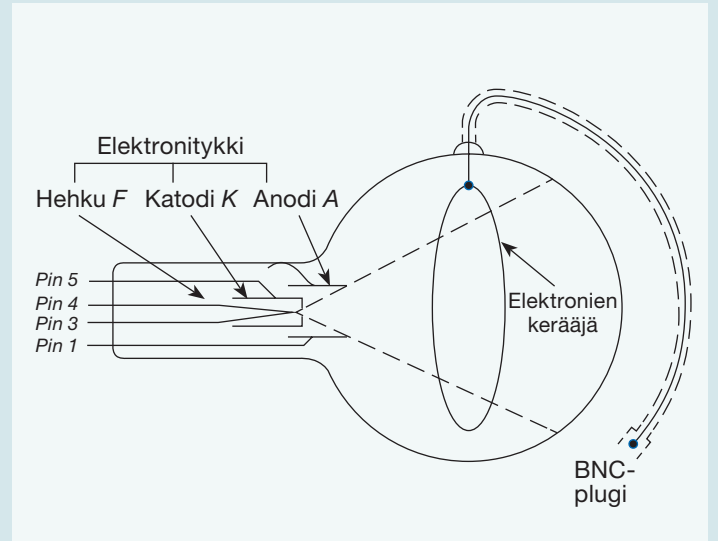
Kuva 1

Työssä mitataan kollektorivirta I_R kiihdytysjännitteen U_A funktiona ja verrataan virtamaksimeja heliumatomin tunnettuihin kriittisiin potentiaaleihin.

Välineet

21069	Purkausputki, Hertz, He-täytteinen
21050	Purkausputken jalusta
21071	Säätöyksikkö Hertzin putkille
21071B	Virtalähde säätöyksikölle 21071
15171	Virtalähde 0 - 500 V, DC
24010	Alkalipari 1.5 V, ø 14, pit. 50 mm
24030	Oskilloskooppi kaksikan.
24023	BNC/Banaaniadapteri, 2 kpl
19032	Yleismittari digitaalinen, 2 kpl
93003	Interface CoachLab II+
91102	Jänniteanturi (-500 mV... +500 mV diff.i)
95105	Mittausohjelma Coach 6 WIN

Lisäksi tarvitaan
Johtimia



Kuva 2

Putken tekniset arvot

Hehkujännite U_F :	3 Vmax
Anodijännite U_A :	0 - 50 V (60 Vmax)
Anodivirta I_A :	10 mA max
Kollektorijännite U_C :	$\pm 1,5$ V

Peruskäsitteet

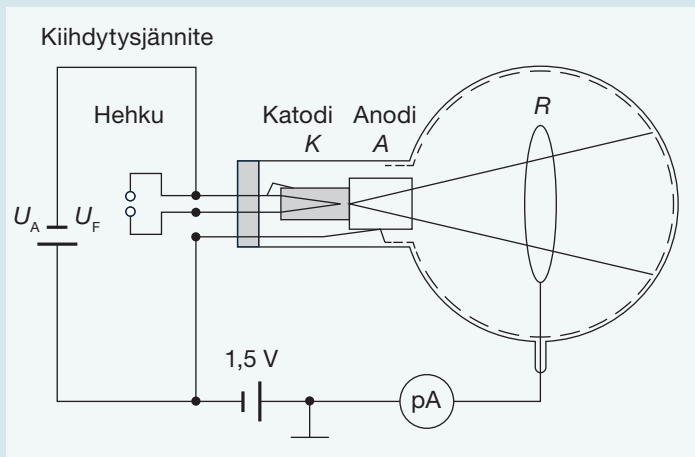
Käsite ”kriittiset potentiaalit” on yleisnimi viritys- ja ionisaatio-energioille atomin elektronikuorissa. Elektronitilat voidaan viritellä eri tavoin esim. elektronien epäelastisten törmäysten kautta. Jos elektronien kineettinen energia vastaa täsmälleen kriittistä potentiaalia, elektroni voi siirtää kaiken energiansa atomille epäelastisessa törmäyksessä. Tätä ilmiötä voidaan käyttää kriittisten potentiaalien määrittämiseen (alun perin Gustav Hertzin suorittama koe).

Putkesta on poistettu haitallinen ilma ja putki on täytetty heliumilla. Elektronit kiihdytetään jännitteellä U_A . Kun elektronit kohtaavat putken seinämän, putki varautuu.

Putken sisäosa on ”vuorattu” sähköä johtavalla materiaalilla ja yhdistetty anodiin. Putken sisäosassa on ympyrän muotoinen kollektorielektrodi R , jonka kautta suihku kulkee koskematta sitä (elektrodi on hieman korkeammassa potentiaalissa).

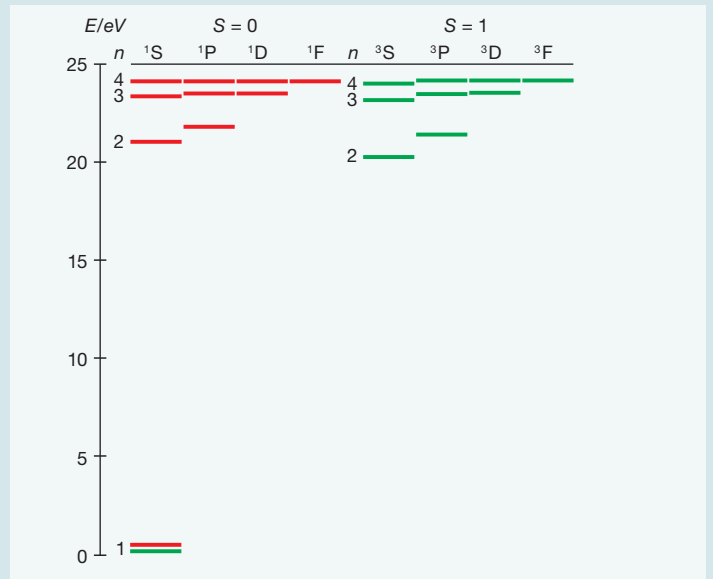
Kuitenkin pieni virta I_R (pA) mitataan kollektorirakenteessa ja se riippuu kiihdytysjännitteestä U_A . Tämän seurauksena näkyy luonteenomaisia maksimeja, jotka ovat seurausta elektronien ja heliumatomien välisistä törmäyksistä. Jos elektronin energia, joka saadaan kaavasta (1)

- (1) $E = eU_A$, missä e on elektronin varaus, vastaa heliumatomin kriittistä energiaa, kaikki kineettinen energia siirtyy heliumatomille ja elektronit vedetään ja kerätään renkaaseen ja ne muodostavat kollektorivirran I_R (katso kuva 3).



Kuva 3

Suuremmilla kiihdytysjännitteillä korkeammat heliumatomin tilat voivat virittyä, kunnes elektronin energia riittää atomin ionisointiin (katso termikaaviota kuvassa 4).



Kuva 4 Heliumin termikaavio

- Kokonais-spin on nolla ($S = 0$) Parahelium (punainen)
- Kokonais-spin on yksi ($S = 1$) Orthohelium (vihreä)

Kokeen asetteluja

Huom! Aseta putki alustaan (putken pitimeen) varovasti. Varo ettei putken aiheudu mekaanisia jännityksiä. Älä vedä putkea kollektorirenkaaseen menevästä johtimesta.

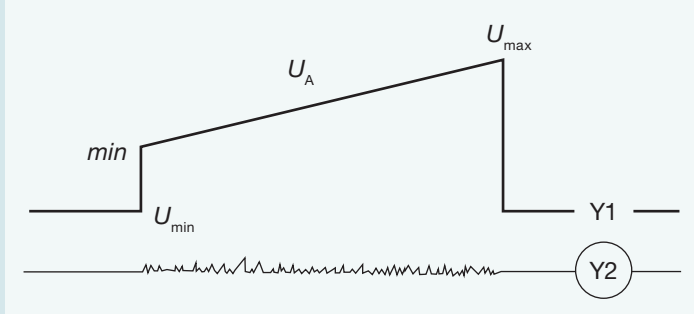
- 1) Yhdistä F3 ja F4 virtalähteen napoihin (DC-lähde).
- 2) Yhdistä C5 säätöyksikön negatiiviseen ulostuloon U_A (C5 ja F4 on yhdistetty toisiinsa putken sisällä).
- 3) Yhdistä A1 säätöyksikön positiivisen ulostuloon U_A ja pariston negatiiviseen ulostuloon (A1 on putken anodi).
- 4) Yhdistä pariston positiivinen puoli säätöyksikön maapistokkeeseen.
- 5) Aseta putken ympärille varjostuskangas ja yhdistä se säätöyksikön maapistokkeeseen.
- 6) Yhdistä BNC-kaapeli säätöyksikköön.

Kokeen suoritus

- 1) Mittaa säätöyksikön ulostuloista yleismittarilla jännite U_{min} ja säädä se arvoon 15.3 V ja vastaavasti U_{max} ja säädä se arvoon 24,6 V.
- 2) Liitä oskilloskooppi kohtiin Fast 1 (kanava 1) ja Fast 2 (kanava 2). Oskilloskoopin maa yhdistetään säätöyksikön maahan. Jänniteanturit kytketään samoihin paikkoihin (ATK-mittaus). Säätöyksikkö antaa ulostulon, jossa jännite nousee arvosta $U_{min} \rightarrow U_{max}$. Kyseessä on ns. pyyhkäisyjännite. Pyyhkäisyyn kesto on 40 ms.

Aseta $U_F = 0$ V (mitataan koko ajan yleismittarilla, koska sen antama arvo tulee olla pienempi kuin 3 V, kyseessä on hehkujännite).

Säädä oskilloskoopin säädöt niin, että näet kuvaputkella seuraavat jännitteet (kuva 5).



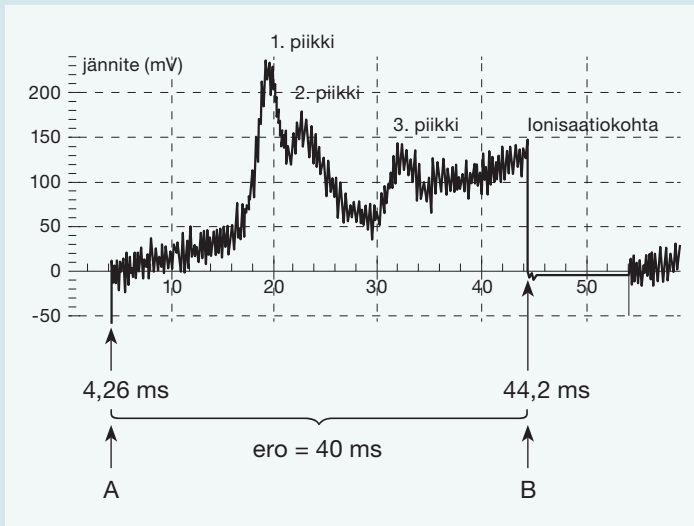
Kuva 5

Kanavalla ei näy vielä mitään signaalia. Näkyy vain kohinaa.

Säädä U_F esim. arvoon 2,7 – 2,8 V ja havaitse kuvaruudulle syntyvät piikit.

Mittauksen tekeminen ATK-mittauksena

Liitä säätöyksikön signaalin mittauskohtaan anturi ”Jänniteanturi – 500 mV ja 500 mV”. Yhdistä se CoachLab II+:n sisäänmenoon 1. Käytä esim. mittausaikaa 100 ms ja mittaustaajuutta 50 000 Hz. Tietokoneen näytölle rekisteröityy sama käyrä kuin on oskilloskoopissa (kuva 6). Käyrä on pyyhkäisty kaksi kertaa (tarvittaessa käännä käyrä positiiviselle puolelle).



Kuva 6

Kohta A 15,3 V ja kohta B 24,6.

Ero on 9,3 V.

1. piikki syntyy kohtaan $\Delta t_1 \approx 15,14$ ms (19,4 ms – 4,26 ms).

$$\frac{15,14}{40} \cdot 9,3 \text{ V} = 3,52 \text{ V}$$

$$15,3 + 3,52 = 18,8 \text{ V}$$

2. piikki

$$22,96 - 4,26 = 18,7 \text{ ms} = \Delta t_2$$

$$\frac{18,7}{40} \cdot 9,3 \text{ V} = 4,347 \text{ V}$$

$$15,3 + 4,347 \text{ V} = 19,647 \text{ V} = 19,6 \text{ V}$$

3. piikki

$$32,82 - 4,26 = 28,6 \text{ ms} = \Delta t_3$$

$$\frac{28,6}{40} \cdot 9,3 \text{ V} = 6,6495 \text{ V}$$

$$15,3 + 6,6495 = 21,945 = 21,9 \text{ V}$$

Putkessa syntyvä katodin ja anodin välillä vaikuttava kontaktipotentiaali on otettava huomioon (vrt. kuva 7)

Termit	E / eV
2 ³ S	19,8
2 ¹ S	20,6
2 ³ P	21,0
2 ¹ P	21,2
3 ³ S	22,7
3 ¹ S	22,9
4 ³ P	23,7
ionisaatio	24,6

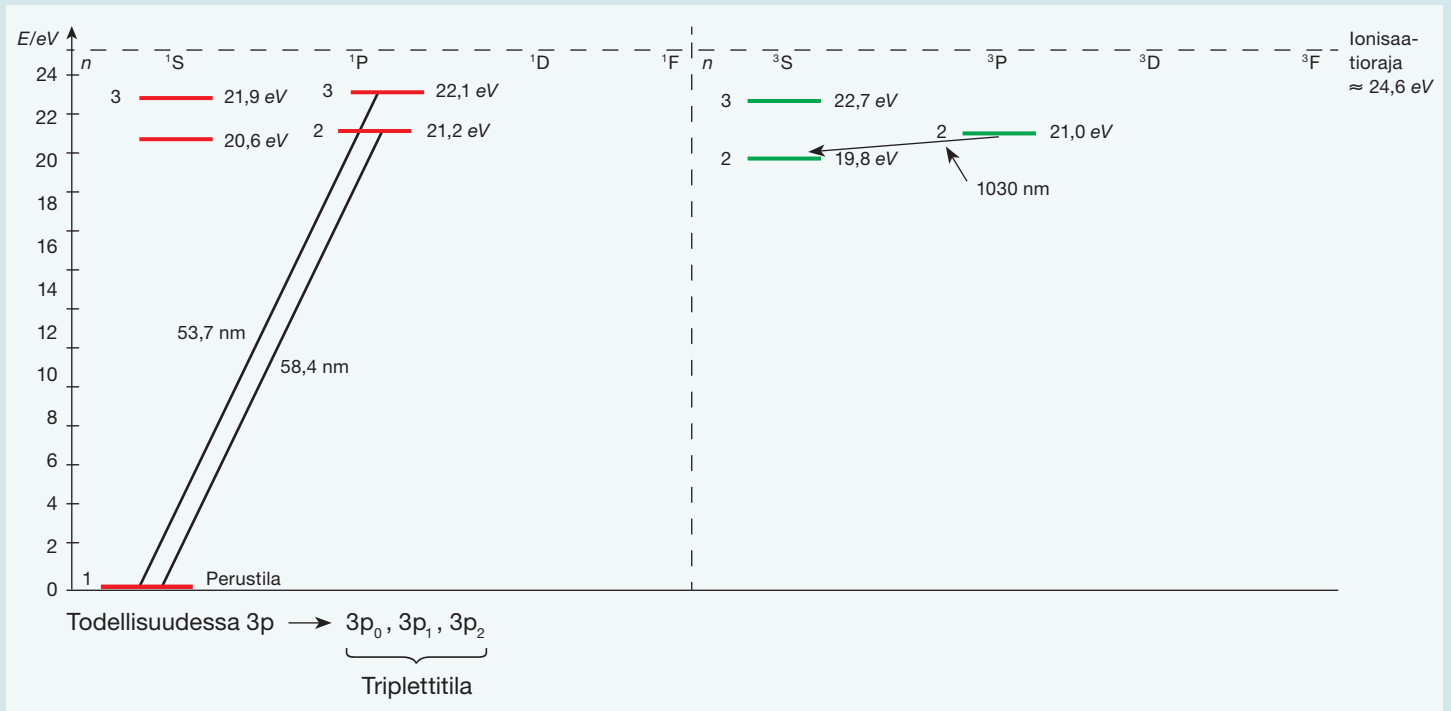
Kuva 7

Mittausarvoihin on lisättävä n. 1 V, jolloin saadaan arvot

- 1. piikki 19,8 eV (2 ³s)
- 2. piikki 20,6 eV (2 ¹s)
- 3. piikki 22,9 eV (3 ¹S)

(vrt. kuva 4)

Kuvassa 8 on piirretty Heliumin energiatasokaaviota (osittain).



Kuva 8

Huom. 1 He-täytteisellä triodiputkella voidaan määrittää ionisaatiojännitteen suuruus.

Huom. 2 Joidenkin energiatasojen erot ovat liian pieniä, jolloin putken resoluutio ei riitä niiden havaitsemiseen. Nähdään kolme diskreettiä piikkiä.

Tehtäviä

1. Mikä merkitys on energialla 20,6 eV HeNe-laserissa?
2. Laske siirtymän aallonpituus $3\ ^3S \rightarrow 2\ ^3P$.
3. Mitä muita menetelmiä on viritystilojen määrittämiseen?

Tehtävien vastauksia

1. He-atomin energiatala 20,6 eV on ns. metastabiilitila. Jos elinaika on pitkä vaihdellen sekunnista päiviin, sanotaan tilaa metastabiiliksi tilaksi. He-atomit eivät pala perustilaan emittoimalla 20,6 eV vastaavan fotonin. Ne luovuttavat energiansa Ne-atomeille, jolloin Ne-atomi siirtyy energiatalaan 20,66 eV (5s-tila). Tilan 3p energia on 18,7 eV ja 5s-tilassa on enemmän elektroneja kuin 3p-tilassa. Stimuloitu emissio liipaisee siirtymät 5s-tilalta 3p-tilaan. Tällöin saadaan koherenttia valoa, jonka aallonpituus voidaan laskea

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{(20,66 - 18,70) \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV}} \approx 630 \text{ nm}$$

Huom! Neon-täytteisellä putkella nähdään kaksi diskreettiä energiatalaa 16,7 eV ja 18,7 eV. Muut energiatalat eivät näy enää kunnolla. Tilojen määrittämisessä on otettava huomioon myös kontaktipotentiaalinvaihtelu.

2. $\lambda = 728 \text{ nm}$
3. Elektroneilla on määrätty energia. Esim. suihku ajetaan heliumkaasun läpi. Mitataan sironneiden elektronien lukumäärä elektronien energiamenteyksen funktiona epäelastisissa törmäyksissä. Sironneet elektronit ajetaan magneettikentän läpi, joka kääntää ne ympyräradalle. Ratojen säteet riippuvat elektronien energioista.